La mejora genética en la apicultura (II)

Francisco Padilla Alvarez (padilla@uco.es), José M. Flores Serrano, Francisco Campano Cabanes y Mayra M. Gómez Carpio.
Departamento de Zoología. Campus Universitario de Rabanales. 14071 Córdoba.

Introducción

La primera parte de este artículo se centró en la descripción de genotipo y fenotipo, así mismo resaltamos la importancia del medio ambiente. También describimos las características genéticas cualitativas.

Con esta segunda entrega completamos este repaso a la mejora genética describiendo la genética cuantitativa y los fundamentos de un programa aplicable en apicultura.

Genética cuantitativa

La mejora genética animal tal y como la conocemos actualmente es una actividad que comenzó a perfilarse con los trabajos de Robert Bakewell (1725-1796), un agricultor inglés que aplicó la técnica de división de labores a la cría de ganado, realizando selecciones y matanzas selectivas. En esta época el talento del criador era realmente el que determinaba el avance genético (mejora) que se podía conseguir. Como curiosidad citamos que Bakewell fue el primer ganadero en alquilar animales para servir de sementales.

Vamos a dar un gran salto en el tiempo desde el siglo XVIII al siglo XX y vamos a volver a las características cuantitativas, como por ejemplo "producción de miel".

Estudiar e intentar mejorar características resultado de la expresión de un amplio grupo de genes con efecto aditivo, era una tarea ardua y muy difícil de abordar en los inicios del siglo XX. De hecho la





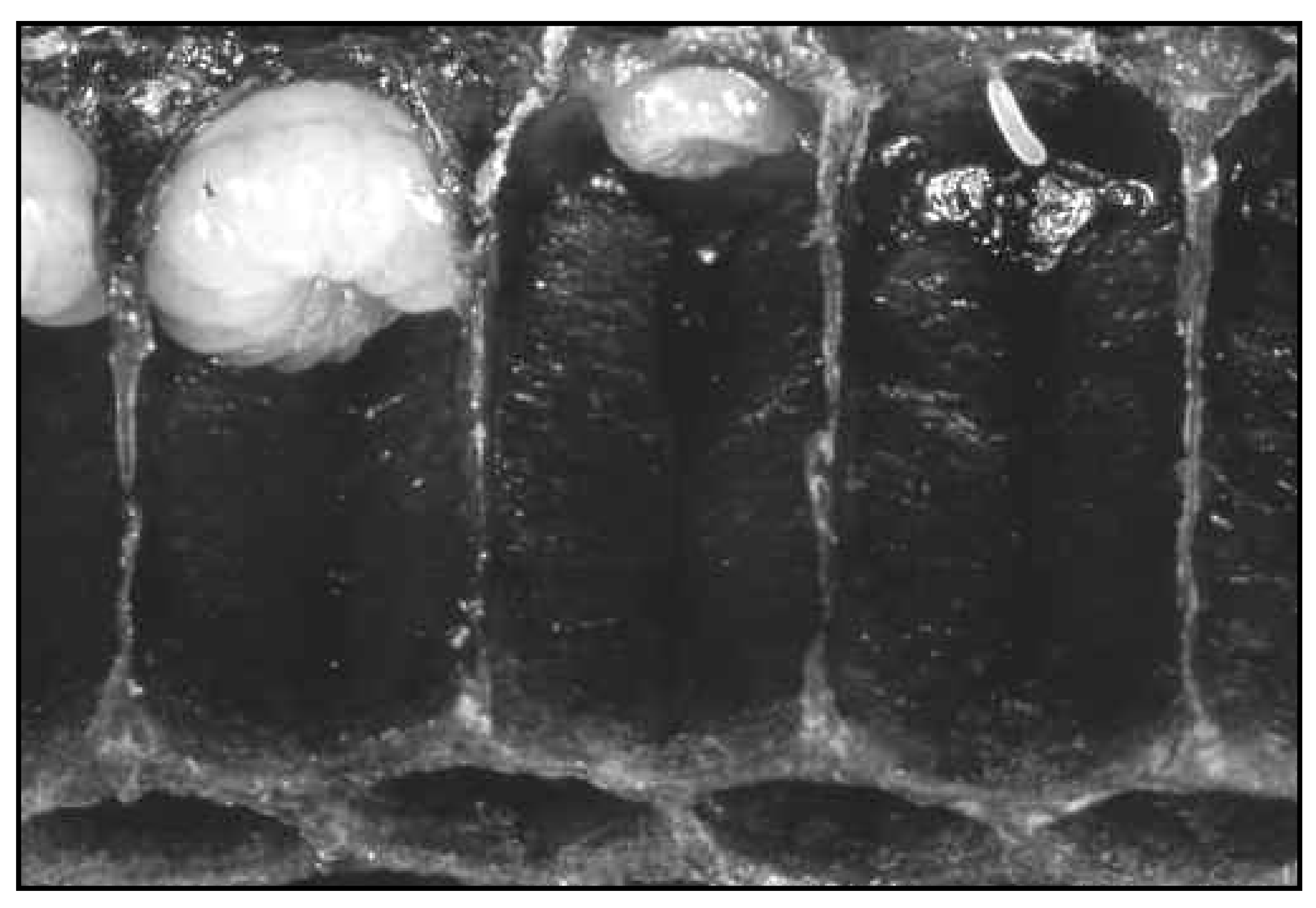
mejora animal estaba algo estancada y necesitaba del desarrollo de nuevas metodologías y tecnologías.
En esta época Ronald Fisher (1890-1962) y Sewall Wright (1889-1988) sentaron las bases teóricas de lo que actualmente conocemos como genética cuantitativa. Esta rama de la genética estudia caracteres continuos (ej. producción de polen), con valores variables, que están determinados por muchos genes y en los que el ambiente suele tener también una gran influencia.
Fue Jay Laurence Lush (1896-1982) quien comenzó el desarrollo de los programas de mejora genética animal basados en los estudios de Fisher y Sewall. En sus comienzos la genética cuantitativa tuvo el hándicap de falta de capacidad de cálculo, pero el desarrollo de los ordenadores permitió que esta nueva tecnología de mejora se comenzase a aplicar.
En el desarrollo de la genética cuantitativa la mejora en la precisión en los controles realizados a los animales (rendimientos) y el conocimiento exacto de la genealogía, fue de tanta o más importancia que la evolución de la capaci-



dad de cálculo de los ordenadores.
Si traducimos a un lenguaje más simple la idea expresada en el párrafo anterior, resulta que es necesario tener un máximo cuidado en la toma de los datos y conocer perfectamente el parentesco (quién es hijo(a) de quién), para que un programa de mejora basado en genética cuantitativa sea realmente efectivo.

Mejora genética y apicultura

Antes de abordar este apartado debiéramos considerar 3 premisas:
1.- En muchos casos medidas de manejo de las colonias (ej. sanitarias), pueden tener mejores efectos prácticos que la selección de caracteres de interés económico.
2.- Buscar resultados espectaculares en poco tiempo es irreal e ilusorio. La selección es un proceso continúo en el tiempo y en el que se progresa "paso a paso", además es necesario mantener un stock de animales. Si no se puede mantener un grupo de selección o se relajan las condiciones de mejora, cual-



Puesta de varios días.

quier progreso obtenido se deteriora con el tiempo.
Un ejercicio de imaginación puede ayudar a comprender lo planteado en el párrafo anterior. Supongamos que una colmena está unida mediante un muelle a un muro. Cuando comenzamos un proceso de selección desconocemos la distancia que hay de la colmena al muro, así como la fuerza del muelle que la une al mismo. Vamos a suponer que cuanto más cerca esté la colmena del muro mayor es su producción de miel.
Comenzamos nuestro proceso de mejora (ej. selección masal) eligiendo las colmenas más productivas de nuestro colmenar. Las reinas de estas colmenas las usamos como madres de la siguiente generación de reinas. Volviendo a la imagen de la colmena unida al muro mediante un muelle, con esta elección empujamos nuestra hipotética colmena hacia el muro. ¿Qué aumento en la producción de miel vamos a obtener?, pues depende de la fuerza de nuestro empuje (número de reinas seccionadas, por ejemplo 20% del total) y de la resistencia al avance del muelle que une la colmena al muro ¿Cuantas veces podemos repetir el ciclo de cría y selección de las colmenas más productivas antes de llegar al muro?, la verdad es que no lo sabemos con mucha precisión, eso nos lo va a decir el tiempo ¿Cuánto podemos incrementar la producción de miel?, tampoco lo sabemos realmente, pero si en cada ciclo de cría y elección de las reinas más productivas, tenemos una mejora de la producción de miel, podemos seguir mejorando nuestros animales. Finalmente ¿qué ocurre si dejamos de realizar selección?, pues que el famoso muelle va llevando poco a poco nuestras colmenas en sentido contrario al que las colmenas han seguido gracias a nuestros esfuerzos. Bueno, esto es realmente la mejora genética, un proceso largo en el que hay que cuidar mucho el siguiente paso a dar. Resumiendo podemos decir que cualquier mejora es un proceso de medida (obtención de datos), prueba y error, pero a pesar de todos los posibles inconvenientes… ¡funciona!.
3.- El recambio periódico de reinas puede tener un gran efecto sobre las colonias, por ejemplo, puede mejorar notablemente la producción de miel. También puede mejorar la resistencia a la enfermedad. Bueno, si después de todo lo expuesto seguimos interesados en realizar un programa

de mejora, el primer paso a dar es seleccionar una característica a mejorar ¿Qué característica podemos elegir?, pues alguna de las siguientes:

- Producción de miel.
- Producción de polen.
- Tolerancia a la enfermedad.
- Docilidad.
- Agresividad.
- Baja tendencia a la enjambrazón

Es importante volver a recordar que para evitar complicaciones en el proceso de selección es recomendable elegir una característica principal a mejorar. ¿Tenemos que elegir forzosamente una de la lista anterior?, realmente no, hemos incluido una lista con las que consideramos más interesantes, pero se puede seleccionar cualquier otra, como por ejemplo el color del abdomen.

El siguiente paso a dar en nuestro plan de mejora consiste en preparar las colonias que vamos a usar. Hay que tener presente que cualquier diferencia inicial puede introducir errores. Si queremos mejorar la producción de miel y partimos de colonias con diferente población de abejas, difícilmente podremos realizar una comparación de los resultados obtenidos.

Una cuestión que tenemos que tener presente en todo el proceso de mejora es el manejo de las colonias. Es básico realizar un manejo correcto y semejante en todas las colmenas sometidas al proceso de selección. Por ejemplo, diferencias en el manejo pueden determinar diferencias en la producción de miel. Si esto llega a ocurrir el manejo está impidiendo o enmascarando un progreso adecuado de la selección.

Finalmente hay que tener en cuenta otras consideraciones del entorno, como la orientación, la exposición al sol, la deriva entre colonias, etc.

Fundamentos de un programa de mejora

En el apartado anterior recomendamos elegir una característica a mejorar, ¿por qué? Pues debido a que cuanto mayor sea el número de características a mejorar menor es el avance genético que obtenemos en cada ciclo de cría. Los genéticos lo expresan de la siguiente forma: la respuesta genética unitaria a la selección es inversamente proporcional al número de caracteres seleccionados.

También la respuesta genética a la selección es directamente proporcional a la heredabilidad de la característica y a la presión de selección que estamos realizando.

La heredabilidad se define como la proporción de la variación fenotípica que es debida a la variación genética total. En otras palabras, sirve para dar una idea del grado en el que un carácter (ej. producción de miel) está determinado genéticamente. Hay varias formas de valorar la heredabilidad de una característica.

Los valores de heredabilidad están comprendidos entre 0 y 1. Una heredabilidad de 0,4 significa que el 40% de la variación en los datos que hemos obtenido se deben a la variación genética y el otro 60% a la variación ambiental. ¿Qué importancia tiene conocer el valor de la heredabilidad? Es fundamental, debido a que cuanto mayor sea su valor, mayor margen tenemos para mejorar esa característica. Si la heredabilidad de una variable es de 0,1 lo mejor es que dejemos nuestro intento de selección ya que será prácticamente imposible "mejorar". En cambio con una heredabilidad de 0,7 estamos seguros de que nuestro proceso de mejora será efectivo.

La velocidad de la mejora (progreso) va a depender de la presión de selección que realicemos.

Si vamos a seleccionar varias características es muy importante conocer el tipo de correlación genética que hay entre ellas. Si no hay correlación las variables son independientes. Si es positiva significa que la mejora en una de ellas supone también una mejora en la otra. Pero si la correlación es negativa un avance en una de ellas supone un retroceso en la otra. Desde el punto de vista de la mejora genética las mejores opciones son: la existencia de correlaciones positivas o bien la no existencia de correlación genética.

Si ya tenemos claro el programa de selección que queremos realizar y la característica(s) que queremos mejorar (ej. tolerancia a enfermedades), ha llegado el momento de planificar los pasos a seguir: a) seleccionar a partir de un amplio grupo de colmenas las que van a formar la población base; b) controlar (medir) la característica seleccionada para saber que colmenas (reinas) son las mejores; c) si es posible, controlar los apareamientos; d) obtener y valorar la descendencia.

Dependiendo del modelo de selección que empleemos necesitaremos o no comparar nuestros animales con otros. Si estamos realizando una selección masal no es necesario, si utilizamos modelos de genética cuantitativa avanzados tampoco. Pero si aplicamos una mejora cuantitativa más clásica hay autores que recomiendan hacerlo, pero esta comparación suele ser un proceso, en el mejor de los casos, tedioso y en nuestra opinión de discutibles resultados prácticos.

Para saber como se puede hacer en apicultura una evaluación comparativa ver el anexo I.

Selección masal y futuro de la mejora genética en apicultura

Las abejas son organismos haplo-diploides (zánganos haploides y obreras y reinas diploides) y este hecho plantea un grave problema cuando se quieren aplicar técnicas de mejora basadas en la genética cuantitativa. ¿Cuál es el principal problema? Pues que la mayoría de los modelos se han desarrollados para

organismos diploides en los que el control de la genealogía es muy estricto.
Todos sabemos que en el caso de las abejas, controlar la genealogía de las hembras es fácil (sabemos quién es madre o hija de quién), pero controlar la de los machos es bastante complicado y además es necesario recurrir a la fecundación artificial.
La selección masal es un procedimiento que genera un pausado avance genético pero que es aplicable sin grandes inconvenientes prácticos. ¿En qué consiste? Se basa en la selección de un grupo de reproductores escogidos de entre un gran grupo original de colonias. Estos reproductores son los mejores para la(s) característica(s) que hemos seleccionado (ej. tolerancia a varroa y/o producción de miel) y se utilizan para engendrar la siguiente generación, sus mejores descendientes a su vez se utilizarán como reproductores de la siguiente generación, y así sucesivamente.
¿Cuántas colmenas elijo como reproductores en cada paso? La verdad es que es algo complicado contestar a esta pregunta ya que depende de la presión de selección que deseemos aplicar. Con un ejemplo simple se puede aclarar esta idea: supongamos que partimos de 100 colmenas iniciales que hemos valorado para un determinado carácter (ej. producción de miel) y queremos ejercer una "presión de selección" del 20%, pues seleccionaremos las 20 colmenas más productivas, que actuarán como reproductores. Hay que cuidar un aspecto muy importante, cuanto mayor sea la presión de selección mayor es el avance que se obtiene, pero también mayor es la pérdida de variabilidad genética.
La pérdida de variabilidad genética es un problema que se puede paliar en parte con un diseño adecuado del esquema de selección. Pero el diseño sólo aplaza el problema, en un determinado momento siempre hay que recurrir a la inclusión de nuevas colmenas (sangre fresca) en el proceso de mejora.
La población que estamos seleccionando puede ser cerrada o abierta. Se considera cerrada cuando ya disponeos de un grupo de colmenas ya seleccionadas y de ellas sacaremos tanto las nuevas reinas como los zánganos que han de fecundarlas.
Esperamos no haberos desilusionado con esta extensa exposición de los fundamentos de la mejora genética, porque a pesar de los inconvenientes en los que podéis pensar, se puede hacer. Sirva como ejemplo todas las razas de vacuno, ovino, caprino o



Todos sabemos que en el caso de las abejas, controlar la genealogía de las hembras es fácil (sabemos quién es madre o hija de quién), pero controlar la de los machos es bastante complicado y además es necesario recurrir a la fecundación artificial.

porcino sometidas desde hace muchos años a diferentes programas de selección.

Y se nos olvidaba... también las abejas han sido sometidas por diferentes apicultores a programas de mejora y selección. Así que animaros.

Conclusiones

Aunque el artículo es bastante extenso y a estas alturas podéis estar "algo cansados". Falta por exponer un pequeño resumen que incluya todo lo descrito y que podríamos sintetizar con la siguiente pregunta: ¿yo como apicultor interesado en mejorar mis colmenas, qué puedo hacer?

A modo de modelo podríamos sugerir la siguiente programación:

1. Elaborar una pequeña ficha que os va a permitir valorar las colmenas. Un ejemplo lo tenéis en el trabajo de Jaramillo y Lara (2008) publicado en Vida Apícola. Una ficha simple incluiría, por ejemplo, los datos siguientes:
- Producción de miel.
- Acumulación de polen: hacer una escala entre 0 y 5.
- Temperamento: hacer una escala entre 0 y 5.
- Limpieza de la colonia: hacer una escala entre 0 y 5.

2. Tomar datos de todas las colmenas que consideréis candidatas.
3. Valorar los datos y decidir cuáles son las mejores colmenas. Si nuestro principal criterio es la producción de miel le tenemos que dar preferencia, y una vez que sepamos cuáles son las colmenas más productivas, ver que tal son en relación a los demás datos incluidos en la ficha.
4. Ya sabemos cuales son nuestras mejores colmenas, ahora hay que obtener hijas de ellas. Las reinas hijas se pueden fecundar natural o artificialmente.
5. Colocar en un colmenar las colmenas numeradas y con las reinas hijas marcadas. Igualar las colonias al inicio de temporada y tomar datos a lo largo del año.
6. Valorar los datos para saber cuáles son nuestras mejores colonias y en la siguiente temporada repetir el ciclo de cría de reinas.

Para más información, recomendamos consultar el artículo "Selección en el colmenar", publicado en el número 74 de esta misma revista.

Bibliografía.

- Bienefeld K., K. Ehrhardt, F. Reinhardt (2008). Honey Bee Selection After Introduction of Genetic Evaluation Using BLUP. American Bee Journal 148: 739-742.
- Bienefeld K., F. Pirchner (1990). Heritabilities for several colony traits in the Honey bee (Apis mellifera carnica). Apidologie 21: 175-183.
_. Flores J. M., M. J. Calero y F. Campano (2004). Selección en el colmenar. El Colmenar 74: 11-16.
- Jaramillo O., S. Lara (2008). Selección y mejora de abejas en colmenares del Golfo de México. Vida Apícola 150: 42-53.
- Laidlaw Jr. H. H. and R. E. Page Jr. (1997). Queen rearing and bee breeding. Wicwas Pres. USA.
- Rothenbuhler, W.C. (1964). Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. I. Responses of four inbred lines to disease killed brood. Animal Behaviour 12: 578-583.
- Rothenbuhler, W.C. (1964). Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. American Zoologist 4: 111-123.
- San Primitivo Tirados F. (2001). La mejora genética animal en la segunda mitad del siglo XX. Archivos de Zootécnia 50: 517-546.

- Woyke J (1977). The heredity of color patterns in the honey bee. Apimondia. Buchare

Evaluaciones comparativas (Anexo I)

Vamos a intentar explicar su fundamento recurriendo a ejemplos.
Imaginemos que ya hemos realizado varios ciclos de cría y pensamos que estamos mejorando nuestras abejas, pero no sabemos realmente cuanto en relación a otros apiarios, es decir, desconocemos en parte cual ha sido nuestro progreso o avance genético en relación a otras poblaciones.
Os recordamos que el ambiente es muy importante, y comparar nuestras abejas con otras no seleccionadas es básico para conocer el progreso.
Vamos a recurrir a un ejemplo un poco exótico para intentar explicar de forma gráfica que es progreso genético y que es efecto ambiental. Supongamos que en nuestro pueblo o barrio tenemos un vecino que es un estupendo bailarín, al menos eso es lo que nos parece. Pero ¿qué tal bueno es?, realmente no lo sabemos, aunque todos estamos al tanto de que todos los días ensaya en su casa durante dos horas. ¿Cómo podemos averiguar que buen bailarín es nuestro vecino?, pues organizando una competición en nuestro pueblo o barrio a la que invitamos a todos los vecinos. Imaginemos que efectivamente nuestro vecino el bailarín es el mejor y se lleva el premio (2 kg de miel). En este momento sabemos que nuestro vecino es el mejor del barrio o del pueblo, pero será ¿el mejor de la provincia?. Obviamente la forma de saberlo es organizar una competición a nivel provincial y ver que ocurre con nuestro vecino. Resulta que también la gana y el premio son 20 kg de miel. En este momento estamos orgullosos de nuestro vecino, el mejor bailarín provincial.
Ahora tenemos que dar el siguiente paso ¿será el mejor bailarín nacional? Organizada la correspondiente competición en la capital (viajamos todos los amigos para apoyarlo) nuestro vecino queda en 3er lugar. Después de la decepción inicial pensamos que ser el 3er bailarín de la nación no está mal, aunque no podrá ir a los campeonatos mundiales.
Volviendo a la selección hemos comparado nuestro vecino el bailarín con sus vecinos, con los de la provincia y con los mejores de la nación. Con estas comparaciones intentamos anular el efecto del ambiente para que se cumpla la igualdad GENOTIPO = FENOTIPO, y poder valorar el esfuerzo de selección que estamos realizando (nuestro vecino el bailarín) con otros genotipos (los otros concursantes locales o nacionales).
¿Cómo se han realizado tradicionalmente estas comparaciones en la apicultura? Utilizando tres caminos diferentes que vamos a describir brevemente suponiendo que la característica a mejorar que hemos elegido es la producción de miel.

1. Comparación de nuestras colmenas con un “grupo estándar” que no ha sido seleccionado. Inicialmente es una comparación fácil de hacer ya que sólo hay que comparar la producción de miel de nuestras colmenas con la del “grupo estándar”. Pero al pasar el tiempo (ej. tres generaciones de cría de reinas) nosotros tenemos que seguir comparando nuestras nuevas abejas con el “grupo estándar” original. El principal inconveniente es que han pasado tres años y las reinas del “grupo estándar” ya son bastante mayores, su producción de miel puede ser menor en gran parte debido al factor “edad de las reinas”.
2. Utilizar una selección en dos sentidos. Este camino nos exige tener dos colmenares de selección, uno para alta producción de miel y otro para baja producción. Las diferencias son muy evidentes y fácilmente medibles, pero el trabajo a realizar es doble.
3. Comparación de nuestras colonias con un “grupo no seleccionado”, elegido al azar y que además sea representativo de toda la población que no ha sido sometida al proceso de selección. Así mismo de este gran grupo de colonias deben de proceder las reinas que inicialmente fueron seleccionadas. En este camino el problema está en elegir un “grupo no seleccionado” que sea representativo de la población global de colmenas.